

文章编号: 1001 - 4675(2005)02 - 0231 - 05

# 青藏铁路沿线高寒草原生态质量评价指标体系初探<sup>\*</sup>

马世震,陈桂琛,彭敏,周国英

(中国科学院西北高原生物研究所,青海西宁 810001)

**摘要:**为了全面和客观评价青藏铁路沿线高寒草原生态环境质量以及生态恢复工程的质量,在实地测定大量样方和统计分析的基础上,选取了盖度、物种多样性指数、丰富度指数、物种数、优势物种分盖度、土壤有机质含量、土壤深度等指标作为评价指标,制定了青藏铁路沿线高寒草原生态环境质量与生态恢复质量的评价指标值。该方法既反映了植被生态环境的量化指标,也考虑了与环境密切相关的植物生长立地表征指标,各项指标相互联系和关联,具有易获得性和实用性,符合当地生态环境质量现状,可以科学、客观地评价区域生态环境质量,对于指导青藏铁路建设中的生态建设与生态建设工程的质量具有实际的指导意义。

**关键词:**生态环境质量;评价指标体系;青藏铁路

**中图分类号:** X835 **文献标识码:** A

按照中国生态环境脆弱性区划方案,青藏铁路建设区域地处青藏高原高寒干旱带,属于生态环境脆弱区<sup>[1]</sup>。在生态环境特征上表现为承受压力阈值小,自我恢复机能差以及生态环境退化区域性和快速的特征。青藏铁路的建设对于西藏、青海乃至西部地区的社会经济发展和基础设施的改善起到了积极作用,也是青藏铁路建设的初衷和主要目的。但是在铁路建设过程中,路基工程、挖填方、施工便道和临时站场对地表植被的破坏,进而影响区域生态环境,对区域生态环境产生一定的负面影响。为了降低青藏铁路工程建设对区域生态环境产生的负面影响,设计和施工单位均采取了良好的生态保护与建设工程。但是,如何评价生态工程建设的效果和对区域生态的影响,一直是评定和验收青藏铁路和青藏高原地区工程建设中生态恢复工程质量的一个难题。区域生态环境质量的评价已有丰富的研究成果<sup>[2~10]</sup>;由于各个地区自然环境的巨大差异,很难制定统一的评价指标体系和评价指标量化阈值。青藏高原是一个相对独特的生态区域,其环境具有一定的特殊性,因此在制定其评价指标体系时,必须按照自身的特殊性制定评价指标体系,这样才能符合区域生态的特征,使评价具有科学性和正确性。以生态干扰度作为局部植被环境的评价方法是当前西欧国家普遍采用的方法。高寒草原是青藏铁路沿

线分布范围最广的植被类型之一。自1998年笔者就开展了青藏铁路(青藏公路)沿线高寒草原生态环境特征和评价指标体系的研究工作,初步确定了青藏铁路(青藏公路侧畔)沿线高寒草原生态的主要评价指标和评价指标体系,以期达到为青藏铁路生态恢复工程质量评价以及生态环境影响回顾性评价提供可操作的指标和评价方法的目的。

## 1 高寒草原的分布和基本特征

高寒草原主要分布在青藏铁路沿线的西大滩、昆仑山南坡、楚马尔河、秀水河、北麓河、乌丽、沱沱河等海拔4 100~5 100 m的地区,是长江源区青藏铁路沿线分布面积最大的植被类型,典型分布生境为宽阔谷地、湖盆滩地、高山下部缓坡及冲洪积扇地区,土壤为高山草原土、山地草原土和原始松沙质栗钙土等类型,土体砂砾质,地表多有大小不等的砾石出露,植被常以耐寒旱的旱生禾本科紫花针茅(*Stipa purpurea*)为优势种。

## 2 评价指标体系的筛选研究

### 2.1 评价指标确定的原则

2.1.1 代表性原则 区域生态环境的质量是一个地区的生态环境基本特征,因此选择评价指标必须

\* 收稿日期: 2004 - 09 - 29; 修订日期: 2005 - 01 - 04

基金项目: 中国科学院西北高原生物研究所知识创新工程重点领域项目(CXL Y - 2002 - 8); 国家中西部专项(K99 - 05 - 11); 国家科技部基础研究快速反应支持项目

作者简介: 马世震(1963 - )男,江苏徐州人,副研究员,主要从事青藏高原生态环境与资源持续利用研究,获省部级二、三等奖6项,发表论文20余篇。E-mail: szma@nwipb.ac.cn

要选取能够代表该类型和区域生态特征的表征指标,即选取的指标必须代表区域生态的表征性特征。

2.1.2 系统性原则 区域生态本身就是一个独立的生态系统。因此,选取的生态特征指标必须要有系统性,既要考虑直观反映生态特征的表征性指标,同时也必须选取那些通过系统运行而影响生态的特征指标。

2.1.3 科学性原则 评价区域生态环境的好坏是一个科学定义的过程,因此制定区域生态环境评价指标时必须遵循科学性的原则,符合区域生态特征和环境结构。选取的评价指标应当是科学定义准确,内涵清晰。

2.1.4 易获得和可操作性原则 生态环境的评价是一项经常性和反复进行的常规评价,因此在制定评价指标时,必须考虑到评价指标的易获得和可操作性,只有这样才能使得评价工作得到顺利实施。

## 2.2 评价指标的确定

区域生态环境质量的好坏不仅与直观反映植被结构和特征的指标相关,同时也与其立地条件密切相关,因此在选择高寒草原生态环境评价指标体系时,总体上可以分为两大部分。

2.2.1 植被结构和特征表征指标 在区域生态背景条件相一致的情况下,区域生态环境的好坏,主要是受植被的表征性指标特征控制。从高寒草原的生态特征来看,其生态的变化动态主要体现在植被的覆盖度、物种组成、群落的结构、优势指示物种的比例、物种的生物多样性指数和物种的多度、优势度等指标,而反映群落差异和结构好坏的主要指标包括:植被覆盖度、物种多样性、群落物种组成、优势种所占比例等方面。

从理论上讲,植被的覆盖度是反映植被茂盛程度的一个直接指标,一般来讲,植被的覆盖度越高,其茂盛程度越高,对区域生态的影响和作用也越大。但是,植被覆盖度本身就是一个动态指标,在不同时期,受到物种生长发育规律的影响,覆盖度的变化差异巨大。特别是本研究区域的差异更为明显。在生态环境退化区,高寒草原的特征物种紫花针茅所占比重和分盖度大大减少甚至消失,在植被的自我恢复过程中,双子叶物种,如藜科、豆科物种的恢复,使得群落的盖度快速增加,特别是在恢复演替的中后期,物种种类的恢复和增加,双子叶物种比例的上升,反而使得群落盖度接近甚至高于非退化,这主要是双子叶物种的分蘖能力较强,单株分盖度远远高于禾本科等单子叶物种。因此,在选取评价指标时,

单纯考虑植被盖度往往会产生偏差甚至是差错。因此,在选取植被盖度作为评价指标的同时,还应当考虑群落的结构特征和优势物种的比例。通过对高寒草原植被结构特征和植被退化影响后的植被变化特征分析研究发现,植物群落的结构不仅与盖度密切相关,同时对于物种结构和优势物种的比例密切相关。在高寒草原的植物落结构中,紫花针茅等禾草分盖度的大小直接影响群落的结构和稳定,这是因为紫花针茅等禾本科物种在长期的生长发育过程中,在地下和地面形成了众多的分蘖和根系,往往形成丛状。密实的根系与土壤形成相对密实的草皮层,对土壤的保护和维系群落的稳定具有十分重要的作用,因此在评价植被盖度时,把优势物种的分盖度作为必须指标。

除盖度外,高寒草原的特征性指标就是物种多样性和物种丰富度指标,一般来讲,物种丰富、群落结构复杂,则群落越稳定。高寒草原同样遵循上述原理,根据现场对群落结构相对稳定和生态环境良好的高寒草原物种种类的调查结果,一般物种种类在20~30种/m<sup>3</sup>的群落是相对稳定和良好的。

2.2.2 植被立地条件表征指标 反映植被立地环境特征的表征指标主要包括:土壤结构、肥力、土壤层厚度等。土壤是植被生长的必备立地条件之一,土壤质量和肥力的好坏直接影响植被的生长和发育。为了直观反映土壤养分条件,我们选择土壤有机质作为土壤肥力的指标。在大环境背景条件相一致的情况下,局部立地条件的改变是植物群落发生变异的主导因素,特别是在人类活动干扰的情况下,植被生态环境可以被彻底改变,土壤、地形条件都将发生改变,因此对植被的影响巨大。在青藏公路和青藏铁路建设中,都包括修建路基和挖填方、建设施工便道等工程,改变了地形、地貌、土壤和植被。高寒草原分布区土层较薄,一般在10~25 cm,在工程建设中必然铲除植被和土壤层,使植被生长的立地条件发生巨大改变,因此植被的恢复也相对困难。

## 3 评价指标量化值的确定

### 3.1 标准指标

青藏铁路沿线分布的高寒草原主要是宽阔谷地、湖盆滩地、高山下部缓坡及冲洪积扇地区,地势相对平坦,起伏不大,分布区区域大环境背景条件基本一致。在大环境背景条件相一致的情况下,区域生态质量好坏主要与植被的自身结构、特征和植被生长的立地条件密切相关。根据评价指标因子的选

取原则,为了准确全面地制定青藏铁路沿线高寒草原生态环境的各项评价因子的量化标准,我们选定了青藏铁路沿线高寒草原不同分布区生态条件相对较好,受人为影响相对较轻的地区布设样线(剔除样线内受到人为明显影响和明显退化地区的样方),利用 1 m×1 m 的样方对植被特征进行实地调查。主要调查统计植物群落的盖度、高度、频度、德氏多度;物种种类、分盖度;物种发育物候,生长势;土壤特征、地形、地貌。然后计算统计群落的总盖度、植物物种多样性指数、丰富度指数、物种种类数以及紫花针茅的分盖度等指标。为了全面概括区域同类型生态环境的特征,在选择样线时充分考虑了不同地区布设样方,分别在西大滩、楚马尔河、秀水河、北麓河、沱沱河等地随机布设样线 8 条,测定样方 240 个。主要统计与计算方法:

①丰富度指数:

$$R = S$$

其中, S 为出现在样方中的物种数目,下同。

②多样性指数:

Shannon-Weiner 指数:

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i) \quad (11)$$

(Shannon, 1949)

Simpson 指数:

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad (12)$$

(Pielou, 1975)

其中,  $i = 1, 2, \dots, S$  物种序号; S 为群落内物种总数;  $P_i$  为第  $i$  个物种的重要值之比,即  $P_i = n_i / N$ ,  $n_i$  为种  $i$  的重要值;  $N$  为总重要值。

通过统计计算,未退化的高寒草原分布地区的总体生态特征见表 1。

表 1 不同地区未退化生态特征指标量化值

Tab.1 Quantified eigenvalues of the undegenerated ecological environment in the different regions

地区	植被覆盖度/%	植物物种多样性指数	植物丰富度指数	植物物种数	紫花针茅分盖度/%	土壤有机质/%	土层深度/cm
西大滩	55	2.292	16	32	20	0.2374	15~20
楚马尔河	60	2.431	18	35	15	0.1256	15~25
秀水河	45	1.987	10	19	13	0.2101	10~20
北麓河	65	2.742	22	35	25	0.1578	15~20
沱沱河	60	2.231	17	30	20	0.1347	15~25
平均	57	2.337	17	30	18	0.1731	16~22

从区域实际调查结果来看,一般平均盖度在 50% 以上,紫花针茅分盖度低于 15% 地区植被的退化现象较少,并且土壤等立地条件良好,区域无明显的土地沙化和荒漠化现象;而盖度低于 50%,紫花针茅分盖度低于 15% 地区则生态环境具有明显的退化现象。通过对区域内不同地区生态环境的实例评价(表 2),可以看出,本评价方法可以准确评价不同地区的生态特征和质量。

表 2 青藏铁路沿线不同地区生态评价实例

Tab.2 Examples of the ecological environment evaluation in the different regions along the Qinghai-Tibet Railway

地区	植被覆盖度/%	植物物种多样性指数	植物丰富度指数	植物物种数	紫花针茅分盖度/%	土壤有机质/%	土层深度/cm	评价结果
唐古拉山口	27	1.337	14	18	10	0.083	15~12	中度退化
巴颜喀拉山南口	37	1.542	18	22	12	0.098 7	5~10	轻度退化
秀水河	45	1.987	10	19	13	0.210 1	10~20	良好
沱沱河取土场(1998 年)	6	1.011	8	8	1	0.012 5	2~4	严重退化
北麓河取土场(2000 年)	2	0.473	1	3	0	0	0	严重退化

表 3 青藏铁路沿线高寒草原植被退化等级评价指标

Tab.3 Evaluation indexes of the degenerated vegetation over the alpine steppes along the Qinghai-Tibet Railway

等级	植被覆盖度/%	植物物种多样性指数	植物丰富度指数	植物物种数	紫花针茅分盖度/%	土壤有机质/%	土层深度/cm
标准指标	57 以上	2.337	17 以上	30 以上	18 以上	0.173 1 以上	16~22
轻度退化	50~57	1.800~1.299	12~17	25~30	13~18	0.120 0~0.173 0	10~17
中度退化	45~49	1.300~0.799	7~16	20~24	8~12	0.070 0~0.119 9	5~12
重度退化	40 以下	0.800 以下	2 以下	15 以下	3 以下	0.020 0 以下	0~7

3.2 等级评价量化指标

为了客观反映各个地区生态的退化特征和程

度,我们将评价标准指标按照中国草地退化等级划分标准和马世震等人对青藏公路取土场高寒草原植

被的恢复进程研究<sup>[13]</sup>结果进行综合分析,以高寒草原植被的自然演替变化特征性指标为主要依据,参照中国草地退化等级划分标准,将上述各评价指标中的植被盖度每下降10%;优势物种分盖度下降5%;物种多样性指数下降0.5;物种丰富度指数下降5;优势物种分盖度下降5%;土壤有机质下降0.05;土层厚度下降5cm作为退化评价等级指标标准,按照下降程度的不同依次划分为轻度退化、中度退化和重度退化(表3)。

青藏铁路在施工过程中有路基工程;取、弃土场;施工站场;施工便道等,这些工程均会不同程度地对沿线高寒草原生态产生影响(这在青藏公路的建设中已经显现)。为了研究和反映工程建设对区域生态的影响,我们重点对青藏公路施工中取、弃土场的植被变化进行了为期2a的测试研究。并通过对青藏公路沿线不同地区高寒草原取、弃土场和未经人为工程扰动地区的生态实例评价(表2)。在实地案例评价中,同一区域的各项指标值并不统一在同一等级以内,我们采用多数指标的等级来确定其总体等级的方法来定级,结果与实地的生态特征质量基本吻合。

## 4 结论

(1)利用区域生态质量良好地区的主要生态指标作为评价一个局部地区的生态质量在国内外都有尝试,并且取得了良好的效果。青藏铁路沿线的高寒草原生态的发展演变具有一定的特殊性,利用广域性指标来评价该地区的生态环境质量。很难客观反映该地区的生态特征和质量,利用该地区的生态特征的主要表征性指标来评价该地区的生态环境质量,能够客观反映其生态环境质量特征,是当前评价青藏铁路沿线生态环境质量的良好方法和评价指标体系。

(2)按照青藏铁路沿线的植被演替发展特征,在选取评价指标时既要考虑特征性表征指标,同时还应当按照植被生态的基本特征,考虑植被物种间的比例和对区域生态的贡献作用。因此在选取评价指标时,在初步确定一级特征性表征指标外,尚应当补充选取次一级指标来补充和完善特征性表征指标。在具体的指标中,主要选取的辅助指标包括:优势物种的分盖度、物种种数和土壤程度等次一级指标。这些辅助指标对区别和评价同一个生态环境条件下的退化等级和程度起到了根本性的作用。

(3)区域生态环境评价是一项系统工程工作,各

项指标相互密切联系和相关,并且总是处于动态变化之中。因此,各个评价指标的标准并不是一成不变的,在具体评价一个区域的生态环境质量时,应当按照当地的实际情况,不断地研究和制定区域生态环境质量标准,使评价指标更贴近实际。

(4)在上述评价等级指标中,由于各个等级的级差都是人为经验划定,因此难免存在误差。同时,各个级差的阈值有一定的变化区间,评价结论难以区分同一级差内不同变幅之间的差异。因此,统一级差内的质量评价尚有待于进一步的研究制定。

## 参考文献(References):

- [1] Liu Yanhua. Division and indices of fragile environment types in China[A]. Zhao Guijiu. Peking Science and Technology Book Concern, 1995. [刘燕华. 中国脆弱环境类型划分与指标[A]. 赵桂久. 生态环境综合整治和恢复技术研究[C]. 北京:北京科学技术出版社, 1995.]
- [2] Ye Yaping, Liu Lujun. A preliminary study on assessment indicator system of provincial eco-environment quality in China[J]. Research of Environment Sciences, 2000, 13(3): 33-36. [叶亚平, 刘鲁君. 中国省域生态环境质量评价指标体系研究[J]. 环境科学研究, 2000, 13(3): 33-36.]
- [3] Zhou Huarong. Study on ecological environmental quality as assessment index system of Xinjiang [J]. China Environmental Science, 2000, 20(2): 150-153. [周华荣. 新疆生态环境质量评价指标体系研究[J]. 中国环境科学, 2000, 20(2): 150-153.]
- [4] Hao Yuelong, Zhang Linjuan. Study on method of quantitative assessment of fragile environment [J]. Scientia Geographica Sinica, 1998, 18(1): 73-79. [赵跃龙, 张玲娟. 脆弱生态环境定量评价方法的研究[J]. 地理科学, 1998, 18(1): 73-79.]
- [5] Yang Hong. Comprehensive assessment of natural ecological environment quality by arrangement level analysis method[J]. City and Countryside Ecology Environment of Liaoning, 2000, 20(6): 50-56. [杨虹. 用层次分析法综合评价自然生态环境质量[J]. 辽宁城乡生态环境, 2000, 20(6): 50-56.]
- [6] Li Maihe, Norbert Kruchi, Yang Jian. Hemeroby: A method to assess the naturalness of vegetation[J]. Progress in Geography, 2002, 21(5): 450-456. [李迈和, Norbert Kruchi, 杨健. 生态干扰度: 一种评价植被天然性程度的方法[J]. 地理科学进展, 2002, 21(5): 450-456.]
- [7] Jin Jianming. Conjunction of Earth — Discourses of Actuality and Using of Ecological Destroy on China Representative Region [C]. China Environment Book Concern, 1994. [金鉴明. 绿色的危机——中国典型生态区生态破坏现状及其利用论文集[C]. 北京: 中国环境出版社, 1994.]
- [8] Huang Simin, Ou Xiaoxing, Yang Shuhua, et al. Study on Ecological Environmental Quality as Assessment Index System [M]. Beijing: China Environment Book Concern, 1998. [黄思铭, 欧晓星, 杨树华, 等. 刚性约束——生态环境评价考核指标体系研究[M]. 北京: 中国环境出版社, 1998.]

- [9] Sen Weishou, Zhang Hui, Zhou Changxin, et al. Method study of ecosystem infection forecast of along tibet highroad[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(9): 909 - 914. [沈渭寿, 张慧, 邹长新, 等. 青藏铁路建设对沿线高寒生态系统的影响及恢复预测方法研究[J]. 科学通报, 2004, 49(9): 909 - 914.]
- [10] Zhang Hongfeng, Li Weihong, Cheng Yapeng. Method and progress of the ecosystem health evaluation[J]. Arid Zone Research, 2003, 20(4): 330 - 334. [张宏锋, 李卫红, 陈亚鹏. 生态系统健康评价研究方法与进展[J]. 干旱区研究, 2003, 20(4): 330 - 334.]
- [11] Ma Keping. Diversitle method of biology community diversity of biology[J]. Biodiversity Science, 1994, 2(3): 162 - 168. [马克平. 生物群落多样性的测度方法 I a 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162 - 168.]
- [12] Ma Keping. Diversitle method of biology community diversity of biology[J]. Biodiversity Science, 1994, 2(4): 231 - 239. [马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I a 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231 - 239.]
- [13] Ma Shizhen, Chen Guichen, Peng Min. Study on the natural restoration process of stipa purpurea steppe vegetation take soil along tibet highroad[J]. China Environmental, 2004, 24(2): 188 - 191. [马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏公路取土场高寒草原植被的恢复进程研究[J]. 中国环境科学, 2004, 24(2): 188 - 191.]

## Preliminary Study on the Index System of Evaluation of the Ecological Quality over the Alpine Steppes along the Qinghai-Tibet Railway

MA Shi-zhen, CHEN Gui-chen, PENG Min, ZHOU Guo-ying

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract:** The alpine steppes are mainly distributed in the vast valleys, lake basins, lakeshores, gentle slopes and alluvial-diluvial fans with elevation of 4 100 ~ 5 100 m a. s. l. along the Qinghai-Tibet Railway, and the vegetation is dominated by *Stipa purpurea*. Based on the investigated results from the plots and the statistical and analyzed results, some indices, such as the vegetation coverage, species diversity, richness, number of species, coverage of the dominant species, organic matter content in soil and soil thickness over the alpine steppes, are selected as the evaluation indices to comprehensively and objectively appraise the quality of alpine the ecological environment over the alpine steppes and the quality of ecological regeneration projects along the Qinghai-Tibet Railway. In this method, the quantificational indices reflecting the ecological environment of vegetation are not only considered, but also the local characteristic indices of vegetation growth closely related to the ecological environment. These indices are closely related each other and are correlative, they are easy to be derived and applied, accord with the local conditions of the ecological environment quality, can be used to scientifically and objectively appraise the regional ecological environment quality, guide the ecological environmental regeneration, and guarantee the quality of the ecological regeneration projects along in the Qinghai-Tibet Railway construction.

**Key words:** quality of ecological environmental; index system of evaluation; the Qinghai-Tibet Railway.